

DISEÑO SIMPLIFICADO DE PUENTES

Transporte y Vías

Este material de autoestudio fue creado en el año 2007 para el programa Ingeniería de Transporte y Vías y ha sido autorizada su publicación por el (los) autor (es), en el Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.



**CARRETERAS DESTAPADAS NOCIONES DE DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO
DISEÑO SIMPLIFICADO DE PUENTES**

Javier Alejandro Fajardo Niño; Estudiante décimo semestre Ingeniería de Transporte y Vías

E-mail: ingjavierf@gmail.com

Wilson Ernesto Viasus Pérez; Estudiante décimo semestre Ingeniería de Transporte y Vías

E-mail: wilvias_53@yahoo.com

RESUMEN

La red vial de Colombia es de alrededor 162.066 kilómetros de carretera de las cuales: 10.270,02. son carreteras departamentales, 34.918 km son carreteras municipales, 26.811 km son carreteras a cargo del Fondo Nacional de Caminos Vecinales (entidad liquidada en el 2005) y las restantes 12.281 km los administran otras entidades.

.La red vial destapada de Colombia es del orden de 138.868 kilómetros. Por la topografía y los obstáculos que se presentan en la vía es necesaria la construcción de puentes.

Se analizan dos topologías.

Los puentes de losa maciza, utilizados para sobrepasar obstáculos de corta longitud, (5m y 8m aproximadamente).

Constituidos por una losa de concreto reforzado simplemente apoyado sobre los estribos.

Los puentes de losa y vigas, utilizados para sobrepasar obstáculos de longitudes entre 8 m y 24m aproximadamente.

Constituidos por un tablero de concreto reforzado apoyado sobre vigas colocadas paralelamente al eje de la vía.

DISEÑO SIMPLIFICADO PUENTES

SUMMARY

The road network of Colombia has around of 162.066 km of roads from which: 10.270,02. are departmental roads, 34.918 km are municipal roads, 26.811 km are managed by Fondo Nacional de Caminos Vecinales (Company that is over since 2005) and the rest of roads 12.281 km are managed by other companies.

The road network opened is about the order of 138.868 km. Because of the topography and the obstacles that we can find the road, is necessary build bridges.

We analyze two typologies.

The bridges of flat slab are useful in short distances (5mts y 8mts approx) this are build, by a flat slab of reinforced concrete.

The bridges of tee beams are use to cover obstacles whit distances between 8m and 24m approximately.

This are building by a board in reinforced concrete support over beams that are localized parallel to the axe of the road.

SIMPLIFY DESIGN BRIDGES

INTRODUCCIÓN

La red vial de Colombia es de alrededor 162.066 km, De la cual una gran extensión comprende kilómetros de carreteras destapadas; salvar los diferentes obstáculos en estas carreteras da la necesidad de definir una metodología clara, simplificada y fundamentada en los parámetros de diseño del **CÓDIGO COLOMBIANO SÍSMICO DE PUENTES** que sugiera los procedimientos para el diseño de puentes, para carreteras destapadas.

Como objetivos se tiene recopilar y analizar; las principales características que pueden llegar a diferenciar los puentes de concreto de vías destapadas con otros puentes tipo, especificando así algunas limitaciones de diseño, características, dimensiones y especificaciones de algunos puentes en concreto utilizados en carreteras destapadas. Definir procedimientos a tener en cuenta para diseñar puentes de las luces definidas y recomendar algunas medidas de mantenimiento para puentes en concreto, en carreteras destapadas.

Contar con herramientas de cálculo estructural llevara el desarrollo del proyecto a analizar hipótesis de comportamiento, lo que será significativo a la hora de desarrollar un algoritmo de diseño. Buscando establecer una metodología practica, confiable para el diseño de puentes de las tipologías definidas.

Analizar y definir especificaciones óptimas de detalles que conforman un puente como lo son: andenes, barandas, drenajes, juntas entre otros, teniendo en cuenta los comportamientos en vías destapadas.

El proyecto limitado a la no verificación en un proyecto real de construcción de un puente con dimensiones entre las definidas, en carreteras destapadas, permite que la investigación se pueda llevar a un entorno mas practico de tal forma que se pueda observar el comportamiento de la estructura, dando la oportunidad de ampliar la temática de estudio, e involucrando a mas profesionales en el área a profundizar en el tema.

La aplicación que tiene este manual es muy amplia con un alcance tal que el tema tratado podrá ser utilizado en todo el territorio nacional y así dar una alternativa practica al diseño de puentes para las características de estas vías.

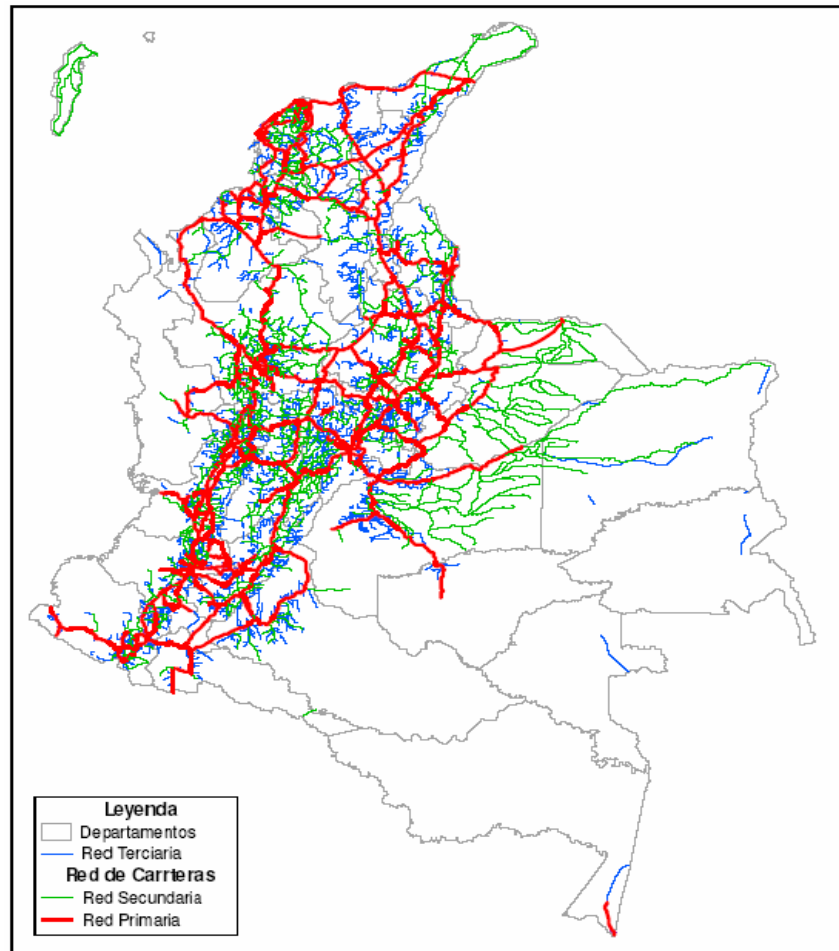
La realización de este manual forma parte del proyecto: **CARRETERAS DESTAPADAS: NOCIONES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO**; que viene desarrollando el grupo de investigación en infraestructura vial **GRINFAVIAL** de la **UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. LA RED VIAL DE COLOMBIA

La red vial de Colombia está conformada por 162036 Km.

Figura 1. Red vial de Colombia.



Fuente: Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2005.

1.2. RED VIAL SECUNDARIA Y TERCIARIA DE COLOMBIA

La red vial secundaria y terciaria de Colombia asciende a aproximadamente 145509 Km distribuidos tal como se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Red vial secundaria y terciaria de Colombia.

ENTIDAD ADMINISTRADORA DE LA RED VIAL	LONGITUD. KM.	PORCENTAJE, %
Departamentos	71528	49.15
Municipios	34918	24.00
Caminos Vecinales (INVIAS)	26811	18.43
Privadas	12252	8.42
Total	145509	100.00

Fuente: INVIAS, 2005.

.En la tabla 2 se presenta la red vial secundaria y terciaria de Colombia, distribuida por departamento.

Tabla 2. Red vial secundaria y terciaria de Colombia

DEPARTAMENTO	RED DEPARTAMENTOS, Km.	RED MUNICIPIOS Km.	CAMINOS VECINALES INVIAS, Km.	CAMINOS PRIVADOS Km.	TOTAL Km.
AMAZONAS	12.05	1670.30	0.00	0.00	1682.35
ANTIOQUIA	7447.45	4274.00	1753.43	0.00	13474.88
ARAUCA	310.00	0.00	33.30	0.00	343.30
ATLÁNTICO	639.71	172.20	0.00	0.00	811.91
BOLÍVAR	579.67	357.04	2146.96	134.35	3218.02
BOYACÁ	6487.44	106.70	2,581.54	0.00	9175.68
CALDAS	1788.18	1,842.00	547.45	1825.70	6003.33
CAQUETÁ	509.82	3143.14	1196.00	0.00	4848.96
CASANARE	2013.00	3862.80	85.68	0.00	5961.48
CAUCA	3581.45	1077.00	1562.16	1304.60	7525.21
CHOCO	74.00	0.00	300.81	0.00	374.81
CESAR	761.30	352.20	1253.37	1285.10	3651.97
CÓRDOBA	1902.30	116.90	1282.91	310.90	3613.01
CUNDINAMARCA	10249.36	816.72	1982.68	564.90	21013.66
GUAJIRA	172.56	51.47	603.05	1345.07	2172.15
GUAINIA	41.50	0.00	142.00	0.00	183.50
GUAVIARE	501.36	411.10	0.00	0.00	912.46
HUILA	6090.46	526.79	1774.62	225.00	8616.87
MAGDALENA	1394.12	621.20	991.43	406.00	3412.75
META	3875.70	439.70	2024.77	627.20	6967.37
NARIÑO	1827.90	120.30	1524.11	615.24	4087.55
NORTE SANTANDER	2095.00	158.20	791.86	0.00	3045.06
PUTUMAYO	225.75	614.31	350.72	378.35	1569.13
QUINDIO	439.30	7.80	346.90	0.00	794.00
RISARALDA	1690.14	379.10	0.00	85.80	2155.04
SAN ANDRÉS	0.00	33.20	0.00	0.00	33.20
SANTANDER	2449.50	1444.50	1,973.87	1889.13	7757.00
SUCRE	1074.40	0.00	535.49	0.00	1609.89
TOLIMA	2821.54	4306.81	447.05	1254.30	8829.70
VALLE	9202.77	613.00	578.84	0.00	10394.61
VAUPES	37.20	0.00	0.00	0.00	37.20
VICHADA	1233.32	0.00	0.00	0.00	1233.32
TOTAL	71528.25	34918.48	26811.00	12251.64	145509.37

Fuente: Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2005.

1.3. RED VIAL PAVIMENTADA Y DESTAPADA DE COLOMBIA

1.3.1. Red pavimentada

La red vial pavimentada de Colombia está integrada por 23168 kilómetros, de los cuales 12081 Km (52.15%) corresponden a la red vial básica a cargo del INVIAS y 11087 Km (47.85%) corresponden a vías de la red secundaria a cargo de los departamentos.

1.3.2. Red destapada

La red vial destapada de Colombia es del orden de 138868 kilómetros, distribuidos tal como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Red vial destapada de Colombia

ENTIDAD	LONGITUD DE LA RED KM.	PORCENTAJE, %
Red vial principal – INVIAS	4446	3.20
Red secundaria y terciaria		
. Departamentos	60441	43.52
. Municipios	34918	25.15
. Caminos Vecinales (INVIAS)	26811	19.31
. Caminos privados	12251	8.82
Total	138868	100.00

Fuente: Instituto Nacional de Vías – INVIAS. 2005.

2. GENERALIDADES SOBRE PUENTES

2.1. DEFINICIÓN:

Un puente es una obra de arte con la que se salva un obstáculo, dando continuidad a una vía conectando dos puntos, los obstáculos a salvar pueden ser otra vía, ya sea carretable o férrea. Una corriente de agua o una depresión del terreno.

Los puentes se construyen con el fin de permitir la circulación de personas, vehículos, trenes y líquidos.

Se pueden clasificar de acuerdo al sistema estructural predominante

2.1.1. Isostáticos

Son las estructuras en las cuales el tablero son estáticamente independientes de los entre tableros y en lo concerniente a flexión para los apoyos.

2.1.2. Hiperestáticos

Son aquellos puentes que aunque los tableros son independientes uno de otros desde el punto de vista estático existe alguna relación de dependencia con los apoyos

2.2. PARTES DE UN PUENTE

2.2.1. Subestructura

La subestructura sirve de apoyo a la superestructura, esta conformada por la cimentación, los estribos y las pilas.

2.2.1.1. Cimentación

Encargada de transmitir al suelo de fundación las cargas propias de la subestructura, de la superestructura y de las cargas que operan sobre el puente esta puede ser superficial o

profunda, superficial como zapatas de concreto reforzado o profundas como Caisson o pilotes de concreto reforzado ya sea hincados (pilotes), fundidos in situ (pilotes y Caisson).

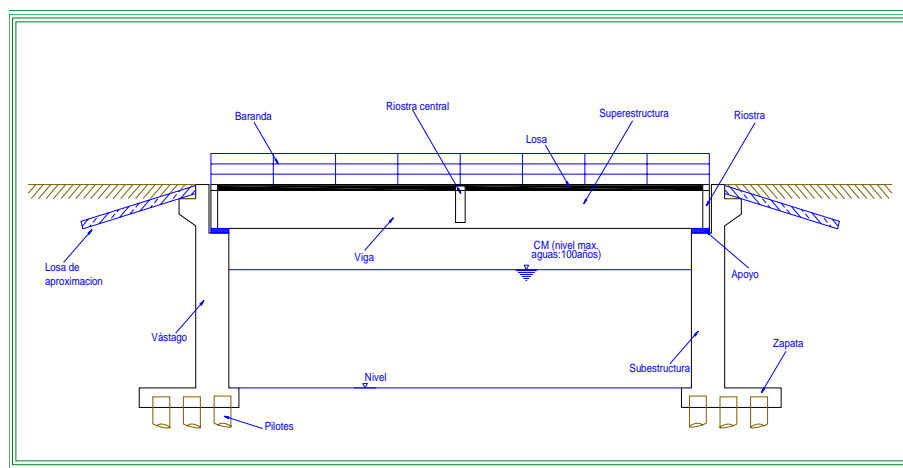
2.2.1.2. Estribos

Son las estructuras ubicadas en los extremos de los puentes (accesos) y soportan la superestructura, además sirven para contención de los terraplenes.

2.2.2. Superestructura

Es la parte del puente que recibe directamente la carga viva. Su posición relativa con respecto a la subestructura es variable, pudiendo ser superior intermedia o inferior.

Figura 2. Partes de un puente



Fuente. Curso de puentes en concreto, Vallecilla Carlos, Bogota 2004

2.3. CARGAS SOBRE PUENTES

SOLICITACIONES

Las solicitudes que actúan sobre un puente, se pueden clasificar según su naturaleza de la siguiente manera:

2.3.1. Carga muerta.

Este tipo de carga es permanente, y es debida al peso propio de la estructura, incluyendo componentes no estructurales tales como barandas, andenes, bordillo y la capa de rodadura.

2.3.2. Cargas de servicio

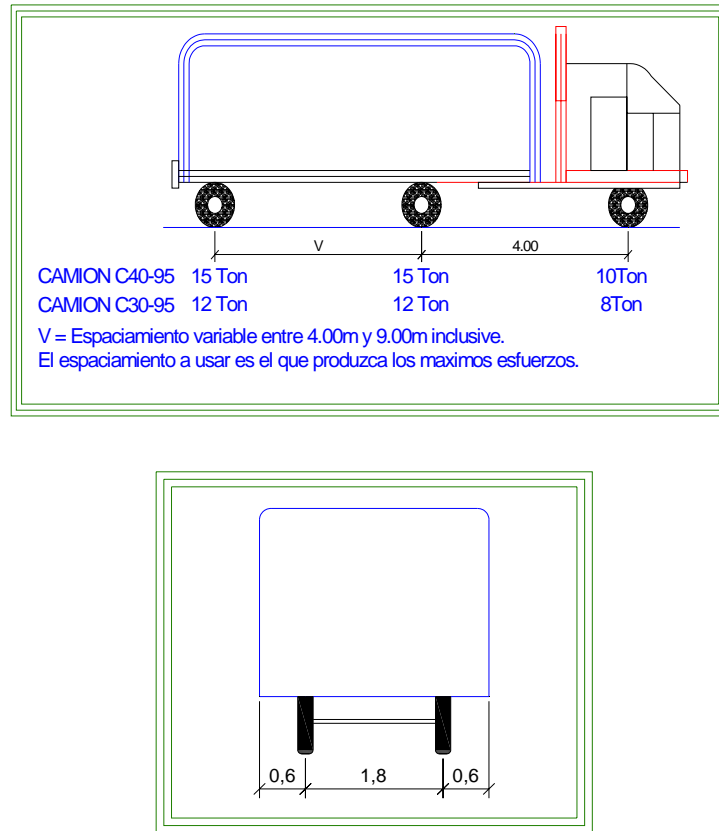
2.3.2.1. Cargas vivas

Se considera carga viva como toda aquella carga externa aplicada sobre el puente, la cual esta conformada por:

2.3.2.2. Camiones estándar

Las cargas vivas sobre puentes vehiculares son las constituidas por el camión de diseño, según el CCDSP considera dos camiones de diseño para la red nacional de vías el camión C40-95 y el C32-95.

Figura 3 Sección longitudinal y transversal de los camiones de diseño



Fuente: Código Colombiano De Diseño Sísmico De Puentes

2.3.2.3. Líneas de carga

Consiste de una carga uniforme por metro lineal de carril y una carga concentrada (o dos cargas concentradas en el caso de luces continuas). Colocadas de tal manera que produzcan los, máximos esfuerzos.

Se supone que, tanto la carga concentrada como la uniforme se distribuyen en un ancho de 3.05m sobre una línea perpendicular al carril.

Para el cálculo de momentos y cortantes deben usarse diferentes cargas concentradas como se indica en la figura 4 y 5.

Figura 4: Líneas De Carga Camión C40-95

LUZ	CARGA
Momento:	Camion:
$L < 28.0$	Carril: $W = 1.50 - \frac{(L - 28.0)}{200}$ $P = 12.0t$
$28.0 < L < 100$	Carril: $W = 1.14 \text{ t/m}$ $P = 12.0t$
$L > 100$	
Cortante:	Camion:
$L < 24.0$	Carril: $W = 1.50 - \frac{(L - 24)}{300}$ $P = 16.0t$
$24.0 < L < 134$	Carril: $W = 1.14 \text{ t/m}$ $P = 16.0t$
$L > 134$	
C 40-95	

Fuente: Código Colombiano De Diseño Sísmico De Puentes Fig. A.3.4B

Figura 5: Líneas De Carga Camión C32-95

LUZ	CARGA
Momento:	Camion:
$L < 28.0$	Carril: $W = 1.20 - \frac{(L - 28.0)}{200}$ $P = 9.6t$
$28.0 < L < 100$	Carril: $W = 0.912 \text{ t/m}$ $P = 9.6t$
$L > 100$	
Cortante:	Camion:
$L < 24.0$	Carril: $W = 1.20 - \frac{(L - 24)}{300}$ $P = 9.6t$
$24.0 < L < 134$	Carril: $W = 0.912 \text{ t/m}$ $P = 9.6t$
$L > 134$	
C 32-95	

Fuente: Código Colombiano De Diseño Sísmico De Puentes Fig. A.3.4B

2.3.2.4. Impacto

El CCDSP incluye los efectos dinámicos de las cargas móviles sobre los puentes como una fracción de la carga viva de acuerdo con la ecuación (1).

$$I = \frac{16}{40 + L} \leq 0.30 \quad (1)$$

2.3.2.5. Fuerzas longitudinales

Las fuerzas longitudinales se refieren a todas aquellas fuerzas que actúan en la dirección longitudinal del puente, específicamente, en la dirección del tráfico. Estas fuerzas se generan por el frenado repentino de los vehículos o una desaceleración súbita de los mismos.

2.3.2.6. Fuerzas centrífugas

Las estructuras curvas deben diseñarse para una fuerza horizontal radial equivalente a un porcentaje de la carga viva sin impacto, considerando todos los carriles llenos. Esta dada por la ecuación (2)

$$C = 0.79 * \left(\frac{S^2}{R} \right) = 0.000452 S^2 D \quad (2)$$

2.3.2.7. Cargas del viento

El viento es una carga lateral del sobre los puentes. Su magnitud depende entre otros factores de velocidad del viento, del ángulo de ataque del mismo y de la forma del puente.

Las cargas del viento deben consistir en cargas móviles uniformemente distribuidas aplicadas al área expuesta de la estructura

2.4. TIPOLOGÍA DE PUENTES

Dado el alcance del proyecto se enfoca el análisis en los dos tipos de puentes propuestos, puentes de losa maciza y losa y vigas.

▪ Puentes de losa maciza

Los puentes de losa maciza o pontones, son estructuras muy sencillas utilizadas para sobrepasar obstáculos de corta longitud, entre 5m y 8m aprox.

Están constituidos por una losa de concreto reforzado simplemente apoyado sobre los estribos, en una sola luz o entre estribos y pilas para puentes de varias luces.

Ventajas¹

- Sencillez y facilidad de construcción, (encofrados, colocación del refuerzo y vaciado de concreto).
- Baja presión en los apoyos, (estribos y pilas).

¹ PRIETO, Rafael, Nociones de puentes, Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia. Tunja 2000.

- Esfuerzos cortantes bajos.
- Buena repartición de las cargas y bajo nivel de vibraciones.

Desventajas²

- Elevado peso propio por unidad de superficie.
- Gran parte de su resistencia se utiliza para soportar su peso propio
- Limita la luz del obstáculo a salvarse con este tipo de estructuras manteniéndose económicamente factible.

Los puentes de losa y vigas

Los puentes de losa y vigas, son estructuras muy sencillas, utilizados para sobrepasar obstáculos de longitudes entre 5 m y 20m aprox.

Están constituidos por un tablero de concreto reforzado apoyado sobre vigas colocadas paralelamente al eje de la vía a una separación uniforme.

Ventajas³

- Son más rígidos y tienen menos vibraciones.
- Los puentes de concreto no requieren de mayor conservación.
- Utilizan los materiales de la región y no tienen problemas de transporte de vigas y de montaje.

² PRIETO, Rafael, Nociones de puentes, Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia. Tunja 2000.

³ HERRERA. Jerónimo, Puentes, Universidad Católica De Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Bogota, 1996

Desventajas⁴.

- Su principal desventaja, puede ser de que requiere obra falsa o cimbra, la cual debe permanecer en el sitio hasta que el concreto alcance su fraguado.

2.5. SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

- Carretera terciaria
- Terreno ondulado y vel de diseño de 50km/h
- Para un ancho de la calzada de 6.00 m
- Bermas de 0.4 m para estas mismas características para los dos sentidos .
- Ancho del bordillo 0.35 mt
- Total de la sección transversal típica es de 7.5m

3. APOYOS ELASTOMETRICOS

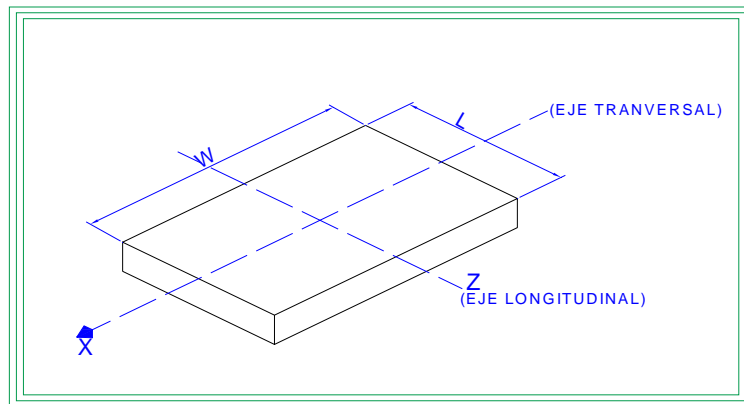
Según CCDSP “A.0.2.1.” Un apoyo elastometrico es un elemento constituido parcial o completamente de elastómero y cuya finalidad es transmitir cargas y acomodar movimientos entre el puente y su estructura de apoyo. Los procedimientos de diseño de los apoyos de elastómero están basados en carga de servicio, con carga viva sin impacto.

⁴ PRIETO, Rafael, Nociones de puentes, Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia. Tunja 2000.

“El comportamiento de estos apoyos depende de sus características de deformación bajo cargas de servicio. Por esta razón el diseño de los apoyos se lleva a cabo basado en las cargas de servicio no mayoradas”⁵

El material usado en esta posee la cualidad de regenerarse casi totalmente después de la aplicación de la carga, el neopreno es una goma en la que se insertan láminas metálicas de espesores de entre 1 y 3 mm.

Figura 6. Ejes Apoyo elastometrico



Fuente: Curso de puentes en concreto, Vallecilla Carlos.

4. PUENTES EN CARRETERAS DESTAPADAS

4.1. GENERALIDADES DE LAS ESTRUCTURAS OBSERVADAS

^{5,2}Vallecilla. Carlos Ramiro. Manual de puentes en concreto reforzado. Bogota 2005.

Las estructuras hacen parte de la vía Tunja –Zetaquirá, vía a la cual se le a realizado el diseño para mejorar sus condiciones geométricas así como su superficie de rodadura, de este trayecto ya se encuentra en construcción algunos tramos.

Las estructuras observadas se encuentran en la actualidad con superficie de rodadura en afirmado, son puente isostáticos, de una luz, con longitud de entre los 5 y 15mt en concreto reforzado, puentes rectos, que aparentemente llevan ya varios años de servicio y que sobrepasan corrientes hídricas.

PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA CALDERONA

Foto 1. Vista Longitudinal Puente La Calderona



**Fuente: Convenio Gobernación de Boyacá – UPTC, Diseño de la vía Rancho grande
Zetaquirá.**

PUENTE SOBRE LA QUEBRADA PORRAS

Foto 2. Vista Longitudinal Puente Porras



**Fuente: Convenio Gobernación de Boyacá – UPTC, Diseño de la vía Rancho grande
Zetaquirá.**

PUENTE EN EL Km. 74 VÍA TUNJA ZETAQUIRA QUEBRADA LA RUSA

Foto 3. Vista Longitudinal Puente La Rusa



Fuente: El autor

5. CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN

“Para la fabricación de puentes existen dos grandes procesos constructivos; los procesos “in situ” y los procesos constructivos prefabricados”⁶.

Según Juan Carlos Ibagué⁷, para las tipologías de puentes losa maciza, y puentes de losa y vigas, se acostumbra a realizar procesos constructivos “in situ “.

El proceso constructivo se puede resumir en los siguientes pasos; el montaje de los elementos de apoyo, la construcción del encofrado, el armado del acero de refuerzo, la función de los elementos del puente; cimentación, estribos, superestructura, desencofrado, instalación de elementos menores tales como barandas y acabados.

El encofrado se retira una vez el concreto haya adquirido la resistencia requerida que se toma de 28 días a no ser de que se use un acelerante para el fraguado del concreto, durante el proceso de fraguado es necesario mantener el concreto hidratado para evitar que se presente retracción en el concreto, esto se conoce como curado, la hidratación del concreto se realiza aplicando agua directamente o telas de fique mojado aunque existen muchas otras técnicas.

^{6,7} METODOLOGÍAS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS IN SITU DE PUENTES EN CONCRETO, JUAN CARLOS IBAGUÉ PINILLA, UPTC.2006.

Durante la construcción de la formaleta las vigas de debe realizar la contra flecha en la formaleta de tal forma que al fundir el concreto es te tenga la curvatura deseada.

Durante la construcción se debe garantizar se cumpla con los recubrimientos especificados protegiendo así que el acero de refuerzo no quede expuesto a condiciones ambientales que lo afecten.

6. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

Los puentes como estructuras viales representan una gran inversión dado el alto costo que conlleva construir estas estructuras, la inspección visual es la actividad que ocupa más tiempo.

Evaluar la estructura permite determinar las falencias o daños que esta pueda estar presentando así como sus posibles causas, permitiendo al ingeniero proponer medidas de mantenimiento.

La inspección visual se realiza a todos los componentes de la estructura, el Instituto Nacional De Vías “INVIAS” presenta el **MANUAL PARA LA INSPECCIÓN DE PUENTES** del año 2006 que es la herramienta a utilizar por el ingeniero que realizará la patología, y poder definir las actividades de mantenimiento a realizar.

6.1. DAÑOS PRESENTADOS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO⁷

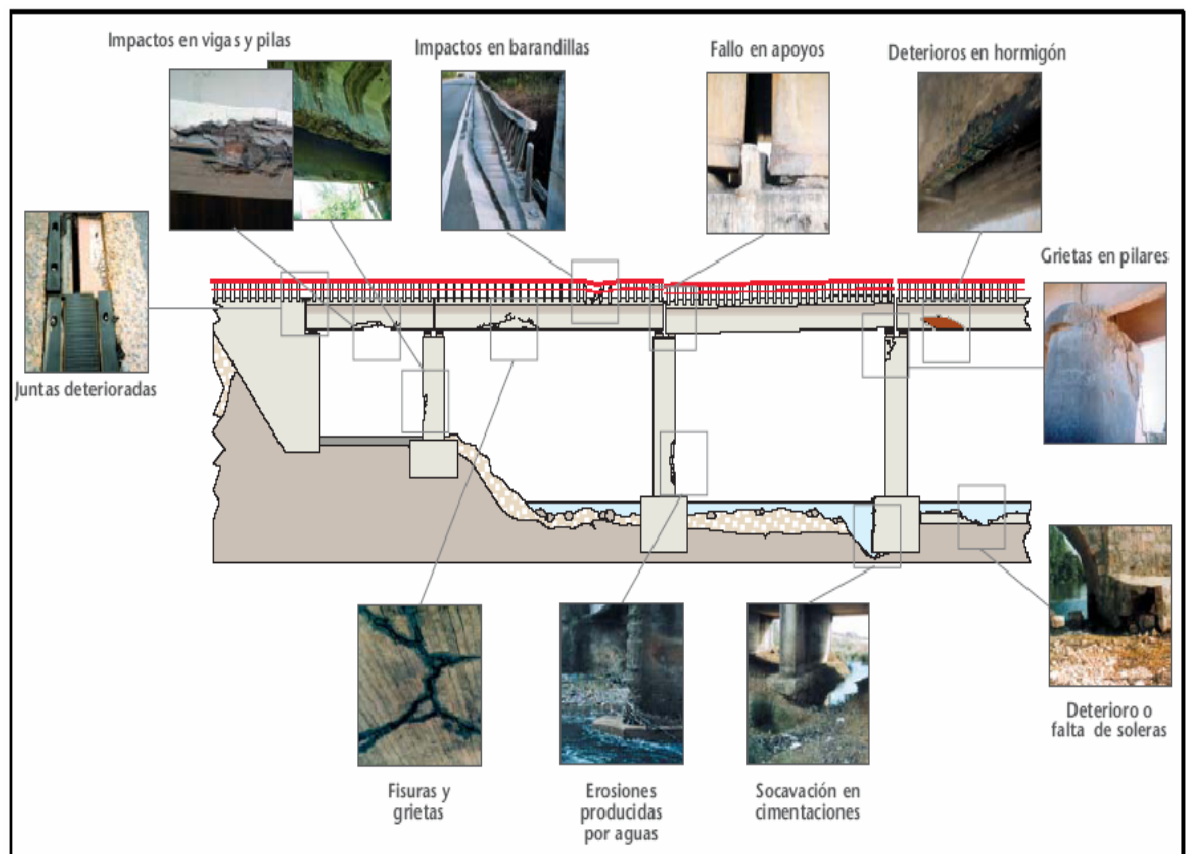
6.1.1. Daños por diseño: (Fisuras, aplastamiento local, asentamientos, volcamiento vibración excesiva)

⁷ Instituto Nacional De Vías “INVIAS” , MANUAL PARA LA INSPECCIÓN DE PUENTES, 2006

6.1.2. Daños por construcción: (Hormigueros, segregación, fisuración por retracción, construcción inadecuada de juntas frías, recubrimiento inadecuado, exposición de acero de refuerzo).

6.1.3. Daños durante el funcionamiento: (Infiltración, carbonatación, corrosión de la armadura, contaminación del concreto, fallas por impacto, socavación)

Figura 7. Síntesis de daños



NOTA: Tomado de: COMPOSAN. "Manual de Obra Civil". Capítulo 6 "Rehabilitación Integral de Puentes y Estructuras de Hormigón".

Fuente: Instituto Nacional De Vías "INVIAS", MANUAL PARA LA INSPECCIÓN DE PUENTES del año 2006

El presente artículo se clasifica en la categoría de Investigación científica y tecnológica.

V.B.

Director: Ing. Msc. DIEGO FERNANDO PÁEZ